Identifying highway-railway grade crossing black spots

This study is part of the **Highway-Railway Grade Crossing Research Program**, an undertaking sponsored by Transport Canada, major Canadian railways, and several provincial authorities. The program is part of Direction 2006, a cooperative initiative with the goal of reducing grade crossing and railway trespassing incidents by 50 percent by 2006.

Researchers examined data on the frequency and severity of collisions and developed a mathematical model for identifying black spots: grade crossings where the risk of collision is high and where additional safety countermeasures are warranted.

Background

Efforts to improve safety at highway-railway grade crossings include identifying grade crossings where the risk of collision is higher and where additional safety countermeasures are most warranted. These high-risk crossings are traditionally referred to as black spots.

Objectives

Using existing Canadian data on the frequency and severity of collisions from 1993 to 2001, this project developed a methodology for identifying black spots. This involved:

- reviewing existing risk methodologies for predicting collision risk at highway-railway grade crossings for various control factors and conditions
- reviewing methodologies for identifying black spots and prioritizing safety countermeasures
- developing a risk-based model for identifying black-spot crossings most in need of safety intervention. This includes both the potential for collisions at specific crossings (frequency), as well as the potential severity of these collisions (e.g., fatalities, personal injuries, and property damages). The model also includes objective measures of risk thresholds for prioritizing intervention.
- applying the model to grade crossings in Canada on a regional and national basis to obtain a prioritized list of black spots for safety intervention
- investigating the major characteristics of black spots, including geometry, control devices, and operation

Findings

Researchers developed and evaluated two types of collision frequency models: 1) a single model with the warning device as an independent variable, and 2) separate models for each of the three types of warning devices – signs, flashing lights, and flashing lights with gates. For each type of model, Poisson, negative binomial and empirical Bayesian distributions were investigated to determine which was most appropriate to represent the variation in the collisions observed. The best results were obtained using the Poisson model, which allows for separate expressions for different types of warning devices.

Researchers then developed a combined consequence score to represent the total equivalent consequence that may result from a collision at a grade crossing. This score was defined as a

Transportation Development Centre

800 René Lévesque Blvd. West
Suite 600
Montreal, Quebec
H3B 1X9

Tel: 514 283-0000
Fax: 514 283-7158
E-mail: tdccdt@tc.gc.ca

www.tc.gc.ca/tdc/menu.htm

Working for innovation in transportation

Transport Canada Transports Canada

Canada

weighted sum of fatalities, personal injuries, and property damage resulting from each collision. The weights were established on the basis of published cost estimates associated with each level of severity using a willingness-to-pay approach. The negative binomial model best explained the relationship between severity scores and various crossing and collision characteristics.

A two-dimensional graphical approach was adopted for comparing risk at individual crossings on the basis of their expected collision frequency and expected consequence score. The risk graph was used to identify black spots based on a given percentage threshold value.

For the purpose of demonstrating the models, crossings were ranked with respect to their expected collision frequency and consequence. Crossings with a collision frequency or consequence that exceeded 0.1 percent were designated as black spots.

Conclusions and Recommendations

Modelling collision frequency

Collision frequency is best modelled using Poisson regression with separate expressions for different types of warning devices: signs, flashing lights, and flashing lights with gates. The statistical analysis found that traffic exposure was the most important factor affecting collision frequency for all types of highway-railway grade crossings. The nature of this relationship is non-linear and is affected by the type of warning device. For crossings with passive controls, i.e., signs only, train speed and traffic exposure were found to provide a significant explanation for differences in the expected number of collisions per year. For active crossings equipped with flashing lights, significant factors were train speed, road surface width, and exposure. For crossings equipped with flashing lights and gates, the key factors were vehicle speed, number of tracks, and exposure.

Modelling collision consequence

The negative binomial model yielded the best results for predicting consequence at grade crossings. The type of warning device was not found to be statistically significant in explaining collision consequence or collision severity. Train speed, number of tracks, track angle, and number of vehicles and persons involved were found to have a significant effect on the expected collision consequences at crossings.

Risk analysis and black spot identification

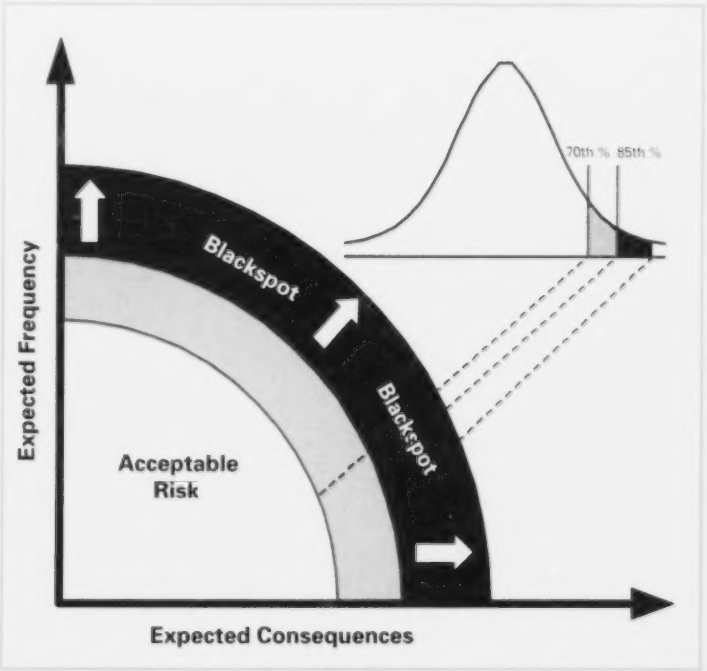
A two-dimensional graphical approach was adopted to compare the predicted risks at individual crossings. The graph included predicted collision frequency on the y axis and predicted collision consequence on the x axis, with each point representing an individual crossing. When collision frequency and consequence exceeded a set threshold, the crossing was considered a black spot. Crossings where the expected frequency or consequence was exceeded 0.1 percent of the time were designated as black spots.

A list of black-spot crossings was developed for the Canadian data. Black spots were found clustered in Saskatchewan (due to high traffic frequency) and in Ontario and Quebec (due to

105-01125/

high consequence). Most black spots based on collision frequency were located in urban areas with high average daily traffic. Black spots based on collision consequence were usually located in rural areas with high train speed and low road traffic volume. The models show fewer collisions at crossings equipped with flashing lights and gates than at crossings with signs.

The researchers also make recommendations for further refining the models and identifying black spots. They recommend integrating the risk prediction models with a practicable decision-support system for developing and evaluating cost-effective countermeasures.



Identifying highway-railway grade crossing black spots

TDC Contact
Paul Lemay
Transportation Development Centre
Tel.: 514 283-0028
E-mail: lemayp@tc.gc.ca

Contractor
Department of Civil Engineering, University of Waterloo
Waterloo, Ontario

Contract Duration
October 2001 – June 2004

The project information presented here is taken from the report. It reflects the views of the author and not necessarily those of Transport Canada or the other Highway-Railway Grade Crossing Research Program sponsors.

Report
Identifying highway-railway grade crossing black spots: Phase 1,
University of Waterloo, 2003
TP 14168E

Report Availability
This report is available in downloadable PDF format on TDC's Web site at
www.tc.gc.ca/tdc/publication/pdf/14100/14168e.pdf

Print copies may be ordered on-line at
www.tc.gc.ca/tdc/publication/listing.htm
or call 514 283-0000

© Her Majesty the Queen in Right of Canada, represented by the
Department of Transport, 2004
Catalogue No.: T48-41/2004
ISBN: 0-662-68368-4
TP 14282

November 2004

DIRECTION

Sommaire de projet

Détermination des «points noirs» parmi les passages à niveau

Cette étude fait partie du **Programme de recherche sur les passages à niveau** parrainé par Transports Canada, les grandes sociétés ferroviaires canadiennes et plusieurs provinces. Ce programme constitue un des volets de Direction 2006, un projet coopératif dont le but est de diminuer de moitié le nombre de collisions aux passages à niveau et d'intrusions sur les emprises ferroviaires d'ici 2006.

Les chercheurs ont examiné les données sur la fréquence et la gravité des collisions et ont élaboré un modèle mathématique qui permet de déterminer les «points noirs» parmi les passages à niveau, c.-à-d. ceux où le risque de collision est élevé et où il est justifié d'appliquer des mesures de sécurité supplémentaires.

Contexte

Les programmes d'amélioration de la sécurité aux passages à niveau comportent une étape préliminaire qui consiste à recenser les passages à niveau où le risque de collision est le plus élevé et où des contre-mesures supplémentaires d'atténuation du risque sont le plus justifiées. On appelle «points noirs» ces passages à niveau à haut risque.

Objectifs

Se reportant aux données canadiennes sur la fréquence et la gravité des collisions survenues de 1993 à 2001, les chercheurs ont mis au point une méthodologie pour déterminer les «points noirs». Voici les grandes étapes de leur travail :

- revue des méthodologies existantes de prévision du risque de collision aux passages à niveau, pour diverses variables et conditions;
- revue des méthodologies pour déterminer les points noirs et établir des priorités concernant les contre-mesures en matière de sécurité;
- élaboration d'un modèle fondé sur l'appréciation du risque pour identifier les passages à niveau qui ont le plus besoin d'une intervention en sécurité. Le risque renvoie ici autant au potentiel de collision à un passage à niveau précis (fréquence) qu'à la gravité potentielle d'une telle collision (p. ex., morts, blessures, dommages matériels). Le modèle comprend également des mesures objectives de seuils de risque aux fins de l'établissement des priorités d'intervention;
- application du modèle aux passages à niveau du Canada, à l'échelle régionale et nationale, de façon à dresser une liste, par priorité, des points noirs où une intervention en sécurité s'impose;
- analyse des principales caractéristiques des points noirs (géométrie, systèmes d'avertissement, mode de fonctionnement).

Résultats

Deux types de modèles de fréquence des collisions ont été élaborés et évalués : 1) un modèle unique avec, comme variable indépendante, le système d'avertissement, et 2) trois modèles distincts, soit un pour chaque type de système d'avertissement – panneaux indicateurs, feux clignotants, et feux clignotants avec barrières. Pour chaque type de modèle, on a analysé une distribution de Poisson, une distribution binomiale négative et une distribution bayésienne empirique pour déterminer laquelle représentait le mieux la variation dans les collisions observées. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec le modèle de Poisson, qui permet de recourir à des équations distinctes pour les différents types de systèmes d'avertissement.

Une cote combinée de conséquences a ensuite été établie, qui représente les conséquences équivalentes totales pouvant résulter d'une collision à un passage à niveau. Cette cote est définie comme la somme pondérée des morts, des blessures et des dommages matériels causés par une collision. Les facteurs de

Centre de développement des transports

800, boul. René-Lévesque Ouest
Bureau 600
Montréal (Québec)
H3B 1X9

Téléphone : 514 283-0000
Télécopieur : 514 283-7158
Courriel : tdccdt@tc.gc.ca

www.tc.gc.ca/cdt/menu.htm

au service de l'innovation en transports

Transports Canada Transport Canada

Canada

pondération ont été établis d'après les estimations de coûts publiées, associées à chaque niveau de gravité, selon une approche fondée sur la volonté de payer. Le modèle binomial négatif est celui qui représentait le mieux la relation entre les cotes de gravité et les diverses caractéristiques associées aux passages à niveau et aux collisions.

Sur un graphique à deux dimensions, on a évalué le risque posé par les différents passages à niveau, selon la fréquence de collisions prévue et la cote de conséquences prévue associées à chacun. Le graphique du risque ainsi établi a servi à déterminer les points noirs en fonction d'un seuil donné en pourcentage.

Les chercheurs ont fait une démonstration du modèle en dressant la liste des passages à niveau du Canada par ordre de fréquence et de gravité attendues des collisions. Les passages à niveau pour lesquels le nombre de collisions prévu ou la cote de gravité prévue étaient dépassés, étant donné des seuils de 0,1 p. 100, ont été désignés «points noirs».

Conclusions et recommandations

Modélisation de la fréquence des collisions

La régression de Poisson assortie d'équations distinctes pour différents types de systèmes d'avertissement offre la meilleure représentation de la fréquence prévue des collisions. En l'occurrence, trois types de systèmes d'avertissement ont été considérés : panneaux indicateurs, feux clignotants, et feux clignotants et barrières. L'analyse statistique a mené à la conclusion que l'exposition à la circulation est le facteur qui influe le plus sur la fréquence des collisions, quel que soit le type de passage à niveau. Cette relation est non linéaire et elle est influencée par le type de système d'avertissement. Pour les passages à niveau non automatisés (c.-à-d. munis uniquement de panneaux indicateurs), la limite de vitesse des trains et l'exposition à la circulation expliquaient de façon significative les différences constatées dans le nombre prévu de collisions par année. Pour les passages à niveau automatisés équipés de feux clignotants, les variables significatives étaient la limite de vitesse des trains, la largeur de la chaussée et l'exposition à la circulation. Dans le cas des passages à niveau munis de feux

clignotants et de barrières, les variables significatives étaient la vitesse permise sur la route, le nombre de voies ferrées et l'exposition à la circulation.

Modélisation des conséquences des collisions

C'est le modèle binomial négatif qui s'est révélé le mieux apte à prévoir la gravité des conséquences des collisions aux passages à niveau. La variable «type de système d'avertissement» ne s'est pas révélée statistiquement significative pour expliquer les conséquences (la gravité) d'une collision. La limite de vitesse des trains, le nombre de voies ferrées, l'angle d'intersection, et le nombre de véhicules et de personnes en cause se sont toutefois révélés avoir un effet significatif sur les conséquences prévues d'une collision à un passage à niveau.

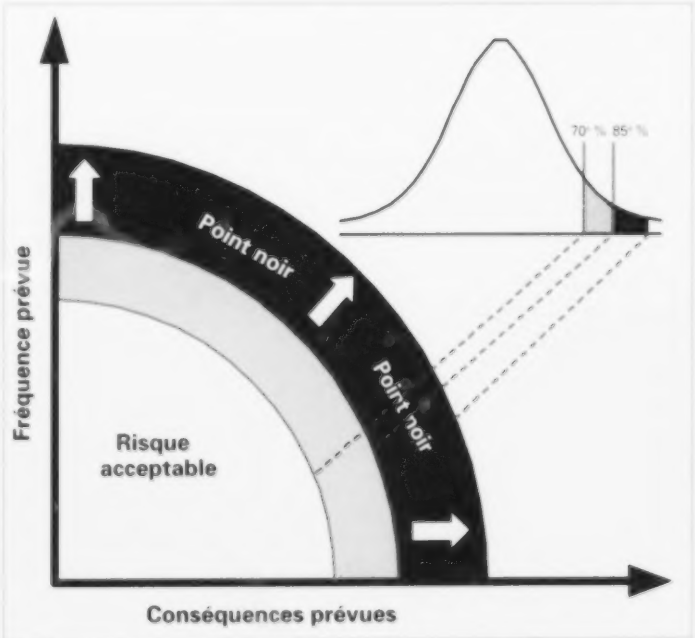
Analyse du risque et détermination des points noirs

Sur un graphique à deux dimensions, on a comparé le risque prévu pour chaque passage à niveau. Dans ce graphique, l'axe des Y représentait la fréquence prévue des collisions, l'axe des X, les conséquences prévues, et chaque point, un passage à niveau. Lorsque la fréquence et les conséquences des collisions dépassaient la fréquence et les conséquences prévues, étant donné un seuil de risque de 0,1 p. 100, le passage à niveau était désigné «point noir».

La liste des passages à niveau «points noirs» du Canada a été dressée. Les points noirs ainsi identifiés étaient surtout situés en Saskatchewan (en raison du

fort débit de circulations ferroviaires) ainsi qu'en Ontario et au Québec (en raison des conséquences élevées des collisions). La plupart des points noirs attribuables à la fréquence des collisions étaient situés dans des zones urbaines caractérisées par un fort débit journalier moyen de véhicules routiers. Quant aux points noirs définis comme tels en raison des conséquences des collisions, ils étaient généralement situés dans des zones rurales, où la limite de vitesse des trains est élevée, mais où le volume de circulations routières est faible. Les modèles font envisager un nombre moindre de collisions aux passages à niveau équipés de feux clignotants et de barrières qu'à ceux munis uniquement de panneaux indicateurs.

Finalement, les chercheurs formulent des recommandations pour améliorer les modèles et la détermination des points noirs. Ils recommandent, entre autres, d'intégrer les modèles de prévision du risque à un système convivial d'aide à la décision, pour le développement et l'évaluation de contre-mesures offrant un bon rapport coût-efficacité.



Sommaire de projet

Détermination des «points noirs» parmi les passages à niveau

Personne-ressource au CDT
Paul Lemay
Centre de développement des transports
Téléphone : 514 283-0028
Courriel : lemayp@tc.gc.ca

Contractant
Département de génie civil, Université de Waterloo, Waterloo, Ontario

Durée du contrat
Octobre 2001 – juin 2004

Rapport
Détermination des «points noirs» parmi les passages à niveau : Phase 1,
Université de Waterloo, 2003
TP 14168F

Disponibilité du rapport
Le rapport peut être téléchargé en version PDF depuis le site Web du CDT
(www.tc.gc.ca/cdt/publication/pdf/14100/14168f.pdf).

Le rapport imprimé peut être commandé en ligne
(www.tc.gc.ca/cdt/publication/liste.htm)
ou par téléphone, au 514 283-0000.

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, représentée par le ministère des Transports, 2004
N° de catalogue : T48-41/2004
ISBN : 0-662-68368-4
TP 14282

Novembre 2004

Ce résumé est tiré du rapport. Les opinions et les vues qui y sont exprimées sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles de Transports Canada ou des parrains du Programme de recherche sur les passages à niveau.

DIRECTION